УДК 614.8:331.45

Л.Н. АЛЕКСЕЕНКО

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ УЧАСТКОВ ОБКАТКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Получены полиномиальные зависимости, которые могут быть использованы для теоретического расчёта наиболее вероятного содержания вредных веществ в газах на различных режимах работы машин при обкатке и испытаниях, что позволит в дальнейшем прогнозировать качество воздушной среды в производственных помещениях обкаточных участков, а также оптимизировать с позиций энергоэффективности режимы работы систем вентиляции.

Ключевые слова: *моделирование, вредные вещества, обкатка, загазованность, рабочая зона, вентиляция.*

Введение. При испытаниях сельскохозяйственной техники в производственных помещениях обкаточных участков, когда ассимиляция отработанных газов (ОГ) работающего двигателя машины ограничивается объемом помещений, основные продукты горения при неправильно спроектированной вентиляции или в аварийной ситуации (разгерметизация отвода ОГ) могут создавать серьезные проблемы для жизни и здоровья работающих. Не разведённые воздухом выхлопные газы непригодны для дыхания и смертельно опасны для жизни из-за наличия в них токсичных составляющих. Особенно это относится к оксидам углерода, азота, саже и некоторым канцерогенам. Поэтому не вызывает сомнения, что задача снижения вредного воздействия выбросов испытуемых машин на воздушную среду рабочих зон (РЗ) участков обкатки является актуальной.

Для решения данной задачи на первом этапе исследований необходима разработка достоверной методики инвентаризации производственных вредностей, а именно уточнённый расчёт поступления от двигателя машины массового количества вредных веществ (ВВ) в рабочую зону для последующего определения потребных воздухообменов на вентиляцию, совершенствование методов контроля и оценки опасных и вредных химических факторов.

Методы определения выделения вредных веществ в воздух РЗ. Определение выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны от технологических операций при сжигании топлива в двигателях во время испытаний, обкатки и ремонтном обслуживании машиностроительной техники может производиться инструментально-аналитическим или расчётным методом [1], [2].

Инструментально-аналитический метод основан на инструментальных замерах объёмного выхода загрязнённого вентиляционного воздуха или отработанных газов и концентраций вредных веществ в условиях оптимальной загрузки. Указанный метод предпочтителен в условиях действую-

щего производства и заменяется расчётным в случае невозможности проведения замеров.

Расчётный метод (метод удельных показателей) даёт лишь ориентировочные нормативные значения выделения ВВ с учётом химического состава и свойств топлива, конструктивных особенностей и видов испытываемых машин, оптимальных технологических параметров ведения ремонтно-обслуживающего процесса, обеспечивающего максимальную производительность оборудования. Этот метод использует, как правило, экспериментальные и расчётные данные о количестве вредных веществ, выделяемых двигателями машин в ходе выполнения технологического процесса (обкатка, испытания, ремонт) или отдельных его операций, приведённые к характерной единице измерения (в нашем случае к единице массы расходуемого топлива или к единице мощности стенда или машины).

Расчётный метод применяется при проектировании предприятий, для прогнозирования, статистической отчётности и при составлении планов мероприятий по улучшению условий труда. Однако текущий контроль на предприятиях машиностроения так же, как инспекционные проверки, выполняется инструментально-аналитическим методом. Этот метод является более достоверным и на основе его подтверждаются или опровергаются оценочные расчётные величины выделения вредных веществ в рабочую зону. Поэтому совершенствование и развитие вышеприведённых методов определения выделения вредных веществ в воздух рабочей зоны испытательных, обкаточных участков машиностроительных предприятий представляется актуальным. Существует большое количество различных методик, где предлагается расчётным методом, основанным в основном на удельных показателях, определять выбросы загрязняющих веществ [4-6].

Из обзора действующих методик инвентаризации выбросов ВВ при обкатке машин и других технологических операциях следует, что не всегда полно учитывается спектр выделяемых ВВ, зачастую отсутствуют данные о выбросах на некоторых режимах работы двигателя машины (табл. 1). Кроме того, следует заметить, что все методики разработаны до 1998 г. и нуждаются в корректировке и уточнении. В течение последних 10 лет в России постепенно внедряются экологические европейские стандарты на выбросы токсичных компонентов с ОГ двигателей внутреннего сгорания (начиная с ввода в 1999 г. EURO1), поэтому данные методик в значительной степени устарели. В настоящее время промышленность практически прекратила выпуск карбюраторных двигателей, значительно увеличив долю инжекторных и дизельных двигателей внутреннего сгорания с улучшенными технико-экологическими характеристиками. Кроме того, имеется проблема, с одной стороны, необходимости учёта ВВ, которые ранее не имели санитарно-гигиенических нормативов (например, с 2006 г. установлена ПДК на CO_2), а с другой, необходимость введения технических нормативов выбросов (ТНВ) ряда высокотоксичных ВВ (ТНВ на бенз(а)пирен не разработан до настоящего времени). Вместе с тем, в рабочую зону испытательных участков при ТО и ТР, где постоянно находятся рабочие и где режим работы равномерный (постоянные рабочие места), расчёты вентиляционных обменов воздуха обычно ведут на ПДК оксида углерода СО, относя их к одному часу работы. Таким образом, наиболее токсичный из всех химических компонентов, выделяемых в рабочую зону машинами – бенз(а)пирен – не учитывается. Не учитывая бенз(а)пирен и альдегиды в расчетах, можно допустить серьёзные ошибки

при определении потребного воздухообмена и выборе мощности силовой установки вентиляционной системы. Тем самым может быть не достигнуто необходимое качество воздуха в РЗ и не обеспечены допустимые условия труда работников. Вышеизложенное свидетельствует о необходимости разработки уточнённой методики расчёта выделения ВВ с целью последующего определения потребных воздухообменов помещений обкаточных, испытательных участков и зон технического обслуживания и текущего ремонта машиностроительных предприятий. Несмотря на значительный объем исследований, вопросы оценки негативного воздействия двигателей внутреннего сгорания машин на воздушную среду РЗ требуют дальнейшей разработки. Речь идёт о необходимости исследования динамики выбросов ВВ как при стационарных режимах работы, так и на неустановившихся режимах в РЗ и на территории предприятия.

Таким образом, необходима современная расчётная методика, которая бы учитывала расширенный спектр выделяемых ВВ, режимы работы двигателя, особенности технологических операций и была бы основана на надёжном эмпирическом материале, полученном при экологическом контроле выбросов машин.

Теоретические основы инвентаризации. Модель выделения вредных веществ в РЗ при обкатке машин. Согласно [1] количество ВВ, выделяемое в воздушный бассейн производственного помещения, определяется по формуле:

$$M_{BB}^{i} = 3.6 \ K_{N}^{i} \ (1 - \eta \ \ \varphi), \text{ кг/ч}, \quad (1)$$

где M_{BB}^{i} - часовой выброс *i*-го ВВ в воздух рабочей зоны производственного помещения от одной машины; K_{N}^{i} - удельный показатель выделения *i*-го ВВ при различных технологических операциях (перемещения, пуск, проверка двигателя, обкатка, выезд), г/с; η - степень очистки устройства очистки газов (УОГ), установленного на стенде (обкатка, испытания, диагностирование); φ - эффективность работы местного отсоса у обкаточного (испытательного) стенда.

При обкатке на стендах, как правило, не оборудованных системой очистки, формула (1) преобразуется следующим образом:

$$M_{BB}^{i} = 3.6 \ K_{N}^{i} \ (1 - \varphi), \text{ кг/ч}. \quad (2)$$

Величины K_{N}^{i} по видам операций технологического процесса выбираются из справочных таблиц [1] и отнесены к 30-минутному интервалу осреднения. Удельные количества выделяемых вредных веществ при максимальном расходе топлива (г/с) рассчитываются либо на основании регуляторных характеристик [3], относительно 30-минутного интервала осреднения с наибольшим расходом топлива за весь период обкатки (формула (2.3) [3]), либо на основании данных о расходе топлива двигателем (турбокомпрессором) при номинальной мощности N_i (кг/ч) (формула (2.4) [3]). В данных формулах используется K_m^X - удельный показатель выделения вредных веществ при сжигании топлива (г/кг) (табл.2.1 [3]), полученный для "условного" двигателя внутреннего сгорания при усреднённом режиме его работы.

Таблица 1

(технологическая операция –
обкатка) N = 260-525 л.с. Выделение вредных веществ на стендах испытаний сельскохозяйственных дизельных машин
(двигатели ЯМЗ-238Е, К-741)

ющих веществ для машиностроительных заводов и ремонтно-обслуживающих предприятий, 1991 г;**Примечания:** *- умножить на 10^3; ** - умножить на 10^6; N – относительная мощность;

Такой подход достаточно "груб" и во многом условен, давая приближённые значения искомых величин.

Модель процесса выделения ВВ в воздух РЗ при испытаниях машины обкаткой на стенде. При построении данной модели следует заметить, что она описывает выделение ВВ в основном при стационарных ("установившихся") режимах. Массовое выделение *i*-го ВВ с учётом УОГ и местных отсосов для одной машины определяется по формуле:

$$M_{BB}^{i} = Q_{OГ} \quad C_i \quad (1 - \eta \quad \varphi)\text{, г/с,} \qquad (3)$$

где $Q_{OГ}$ - объёмный расход отработанных газов двигателя внутреннего сгорания, м^3/с; C_i - концентрация *i*-го вредного вещества в ОГ двигателя; η - степень очистки стационарной системы очистки, установленной на стенде (обкатка, испытания, диагностирование); φ - эффективность работы местного отсоса у обкаточного (испытательного) стенда.

Таким образом, формула (3) позволяет достоверно провести инвентаризацию выделения ВВ в РЗ, если достаточно точно определены, входящие в неё величины. По сути, от точности математического описания за- 19
висимостей $Q_{OГ}$, C_i и φ, полученных преимущественно на основе экспериментальных исследований, и будет зависеть степень достоверности предлагаемой модели.

Определение объёмного расхода отработанных газов двигателя

1. Экспериментальный метод. Массовый расход отработанных газов от дизельной установки в соответствии с [7, 8] определяется по выражению:

$$G_{OГ} = G_B \cdot (1 + \frac{1}{\varphi \cdot \alpha \cdot L_0})\text{, кг/с,} \qquad (4)$$

где G_B - расход воздуха, определяемый из соотношения:

$$G_B = \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{3600} \cdot (b_Э \cdot P_Э \cdot \varphi \cdot \alpha \cdot L_0)\text{, кг/с,} \qquad (5)$$

где $b_Э$ - удельный расход топлива на эксплуатационном (или номинальном) режиме работы двигателя, г/кВт·ч (берется из паспортных данных на дизельную установку) [8]; $P_Э$ - эксплуатационная мощность стационарной дизельной установки, кВт (берется из технической документации завода-изготовителя, а если документация отсутствует, то в качестве $P_Э$ принимается значение номинальной мощности стационарной дизельной установки (N_e); α - коэффициент избытка воздуха; L_0 - теоретически необходимое количество воздуха для сжигания одного килограмма топлива (кг воздуха/кг топлива); (1/3600) - коэффициент пересчета "час" в "сек"; (1/1000) - коэффициент пересчета "кг" в "т"; φ - коэффициент продувки.

После подстановки (5) в (4) окончательная формула для расчета расхода отработанных газов от испытываемой дизельной установки приобретает вид:

$$G_{OГ} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{3600} \cdot b_Э \cdot P_Э \cdot (1 + \varphi \cdot \alpha \cdot L_0)\text{, кг/с.} \qquad (6)$$

Объемный расход отработанных газов тогда определим по формуле:

$$Q_{ОГ} = \frac{G_{ОГ}}{\rho_{ОГ}}, \text{ м}^3/\text{с}, \qquad (7)$$

где $\rho_{ОГ}$ - удельный вес или плотность отработанных газов, рассчитываемая по формуле:

$$\rho_{ОГ} = \frac{\rho^0_{ОГ}}{(1 + \frac{t_{ОГ}}{273})} = \frac{273 \cdot \rho^0_{ОГ}}{T_{ОГ}}, \text{ кг/м}^3, \qquad (8)$$

где $\rho^0_{ОГ}$ - удельный вес (плотность) отработанных газов при температуре $t_{ОГ}$, равной 0°С, значение которого согласно [9] можно принимать 1,31 кг/м³; $t_{ОГ}, T_{ОГ}$ - температура отработанных газов, °С и К.

Таким образом, после преобразований (6)-(8) получим формулу (9) для инструментально-аналитического определения расхода отработанных газов двигателя машины:

$$Q_{ОГ} = \frac{1}{1000} \frac{1}{3600} \frac{T_{ОГ}}{273 \ \rho^0_{ОГ}} \ b_Э P_Э \ (1 + \varphi \ \alpha L_0) =$$

$$= 7,7 \ 10^{-10} \ T_{ОГ} \ b_Э P_Э \ (1 + \varphi \ \alpha L_0). \text{ м}^3/\text{с}. \qquad (9)$$

Действительно, при определении $Q_{ОГ}$ инструментально (приборами газового анализа) могут быть замерены $T_{ОГ}$ и α, остальные величины (φ, L_0), входящие в (9), можно найти из справочников и паспорта на двигатель завода-изготовителя ($b_Э, P_Э$).

2. При применении расчётного метода определения объёмного расхода ОГ можно использовать зависимость, выведенную в работе [10], где достаточно много величин, трудно поддающихся прямым измерениям:

$$Q_{ОГ} = 24{,}353 \cdot \varphi \cdot \beta \cdot \frac{L_0 \cdot \alpha \cdot N_e}{H_u \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \rho_{ОГ}}, \text{ м}^3/\text{с}, \qquad (10)$$

где φ - коэффициент продувки, равный для 2-тактных двигателей 1,4-1,6; для 4-тактных – 1,1-1,25; β - коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси, равный 1,02-1,13 и определяемый по предлагаемым ниже формулам; H_u - низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; N_e - эффективная мощность ДВС, кВт; L_0 - теоретический расход воздуха на сгорание, кмоль; α - коэффициент избытка воздуха; η_i, η_m - индикаторный и механический к.п.д. двигателя (определяется из формул ниже); $\rho_{ОГ}$ - плотность отработанных газов.

Согласно [9] для дизельного топлива H_u =42500 кДж/кг, L_0 =0,496 кмоль. Величины β, η_i, η_m определим из теплового расчёта в соответствии с [11] или по формулам, предложенным в [10] на основании обработки надёжных экспериментальных данных. Для 4-тактных дизельных ДВС имеем:

$$\eta_m = 0.4666 \cdot \overline{N}^3 - 1.1047 \cdot \overline{N}^2 + 0.8784 \cdot \overline{N} + 0.5601 \ . \qquad (11)$$

Для дизельных ДВС с наддувом:

$$\eta_i = -0.2019 \cdot \overline{\alpha}^2 + 0.3413 \cdot \overline{\alpha} + 0.3987;$$

$$\beta = 0.0672 \cdot \overline{\alpha}^2 - 0.1228 \cdot \overline{\alpha} + 1.0671. \qquad (12)$$

Здесь $\overline{N} = N_e / N_{НОМ}$ - относительная мощность, представляющая собой отношение эффективной мощности к эффективной номинальной мощности двигателя; $\overline{\alpha} = \alpha / \alpha_{\max}$ - относительный коэффициент избытка воздуха, равный отношению текущего значения к максимальному (при условии устойчивой работы двигателя).

Определение концентраций вредных веществ в отработанных газах машин. Существует значительное число различных полуэмпирических моделей, основанных на аппроксимации концентрации ВВ в ОГ от различных технических параметров двигателей. Такие модели, как правило, учитывают естественный разброс показателей двигателя в условиях реального производства. Это обусловлено наличием допусков на геометрические размеры деталей, на качество обработки поверхностей, а также отклонением от требований конструкторской документации на изготовление, сборку и обкатку. Поэтому исходные данные к рассматриваемым моделям должны базироваться на результатах испытаний нескольких образцов однотипных машин, чтобы исключить случайные результаты. Так, в работе [12] даны аппроксимационные зависимости содержания удельных выбросов NO_x, CO, C_nH_m в ОГ, а также дымности от значения геометрического угла опережения впрыска топлива θ, полученные по результатам обработки испытаний нескольких двигателей. Для концентраций ВВ в ОГ получены зависимости для номинального и промежуточного скоростных режимов для дизеля с наддувом (табл. 2).

Таблица 2

Математическая аппроксимация концентрации вредных веществ в отработанных газах от значения угла опережения впрыска топлива

Параметр	Номинальный режим	Режим максимального крутящего момента
Оксиды азота NO_x, ppm	$-767,5 + 100,5\theta$	$-213,5 + 79\theta$
Оксид углерода CO, ppm	$4937 - 446\theta + 12,2\theta^2$	$8674 - 801\theta + 24,8\theta^2$
Суммарные углеводороды C_nH_m, ppm	$210,5 + 21\theta + 0,1\theta^2$	$627 – 11,5\theta + 0,7\theta^2$

Подобный подход реализован и у других исследователей. Например, в работе [10] представлены регрессионные полиномы, описывающие динамику изменения выбросов от различных типов ДВС в зависимости от относительной мощности $\overline{N} = N_i / N_{\max}$ и относительного коэффициента избытка воздуха $\overline{\alpha}$. Аналитические зависимости концентрации C_i токсичных веществ в ОГ получены на основе обработки надёжных опытных данных, найденных в литературных источниках. Полученные зависимости

обобщают результаты некоторых исследований, проведённых в разные годы, поэтому могут быть рекомендованы лишь как приближённые.

Зависимости концентраций ВВ в ОГ C_i представлены в виде регрессионных полиномов с рассчитанными коэффициентами регрессии:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\overline{Y} - \overline{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (Y\overline{R} - Y\overline{R}_i)^2}, \quad (13)$$

где $\overline{Y}$ - среднее значение из вектора данных; Y_i - вектор исходных данных (результаты измерений); $Y\overline{R}$ - средние значения ординат по полиномиальным зависимостям; $Y\overline{R}_i$ - вектор полученных данных (результаты расчета по полиному).

- для двигателей с воспламенением от сжатия:

$$C_i = A \cdot \overline{N}^n + B \cdot \overline{N}^{n-1} + ... + C \cdot \overline{N} + D, \text{ г/м}^3; \quad (14)$$

- для двигателей с принудительным зажиганием:

$$C_i = A \cdot \overline{\alpha}^n + B^/ \cdot \overline{\alpha}^{n-1} + ... + C^/ \cdot \overline{\alpha} + D^/, \text{ г/м}^3, \quad (15)$$

где C_i - концентрация *i*-го ВВ в ОГ; $\overline{N}$ - относительная мощность машины; $\overline{\alpha}$ - относительный коэффициент избытка воздуха; n - степень многочлена; A, A', *B*, *B'*, C, C', D, D' - численные коэффициенты полиномов.

Для газодизельных и газовых машин также были получены подобные (11), (12) зависимости. Настоящий подход, а именно, аппроксимационные зависимости полезно использовать для следующих целей:

- для теоретического расчёта наиболее вероятного содержания вредных веществ в ОГ и дымности на различных режимах работы машины, в том числе при обкатке и испытаниях;

- для расчёта желаемого изменения какого-либо параметра в скоростном диапазоне работы машины для обеспечения минимально возможного выброса ВВ и дымности ОГ при задаваемых ограничениях по мощности, удельному расходу топлива, температуре ОГ;

- своевременного выявления повышенного разброса показателей двигателя машин в результате возникающих производственных отклонений от требований конструкторской документации в части изготовления и регулировок;

- сокращения затрат времени и средств при проведении доводочных работ собираемых машин по показателям состава ОГ.

Для получения более точных данных о содержании токсичных веществ в ОГ в зависимости от нагрузки машины и режима ее работы нами были проведены натурные испытания на заводе ООО "Ростовский комбайновый завод" на участке обкатки сельскохозяйственных машин, а также на пункте экологического контроля локомотивного депо станции Батайск СКЖД при проведении ТО и ТР тепловозов. При этом были экспериментально определены технико-экологические показатели различных дизельных установок машин, которые в последующем удалось обработать и получить искомые зависимости концентраций ВВ в ОГ. Для разных видов и типов машин полученные полиномиальные зависимости от нагрузочного

режима работы при обкатке представлены в табл.3, 4 и на рис.1,а,б. Данные зависимости могут быть использованы и для определения наиболее малотоксичных режимов обкатки с тем, чтобы в дальнейшем производить ускоренные испытания, ограничивая время работы комбайна на стенде, когда машина выделяет наибольшее количество вредных веществ.

Таблица 3

Концентрации вредных веществ в ОГ комбайнов в зависимости от режима нагрузки (установившиеся режимы работы машины при обкатке)

Дизельные двигатели ЯМЗ 236(238) комбайнов «Дон-680» и ACROS ($N_{ном}$=213-290 кВт)	
Формула концентрации	Коэффициент регрессии
$C_{CO} = 2.1943 \cdot \overline{N}^2 - 1.8743 \cdot \overline{N} + 0.7903$, г/м^3	(R^2 = 0,9802)
$C_{NJ_X} = -7.3760 \cdot \overline{N}^3 + 7.2940 \cdot \overline{N}^2 + 2.0090 \cdot \overline{N} + 0$, г/м^3	(R^2 =1)
$C_{R_XCOH} = 0.0787 \cdot \overline{N}^2 - 0.0647 \cdot \overline{N} + 0.0152$, г/м^3	(R^2 = 0,997)
$C_{SO_2} = 0.1920 \cdot \overline{N} + 0.0363$, г/м^3	(R^2 = 0,9983)
$C_C = 0.2114 \cdot \overline{N}^2 - 0.0214 \cdot \overline{N} + 0.0324$, г/м^3	(R^2 = 0,9838)
$C_{C_NH_M} = 0.0791 \cdot \overline{N}^2 + 0.0241 \cdot \overline{N} + 0.0006$, г/м^3	(R^2 = 0,982)
$C_{C_{20}H_{12}} = -2.2933 \cdot \overline{N}^3 + 5.3143 \cdot \overline{N}^2 + 0.2290 \cdot \overline{N} +$,мкг/м^3	(R^2 = 1)
$C_{CO_2} = 135.3900 \cdot \overline{N} + 36.9560$, г/м^3	(R^2=0,9987)

23

Таблица 4

Концентрации вредных веществ в ОГ тепловозов в зависимости от режима нагрузки (установившиеся режимы работы машины при обкатке)

Дизельный двигатель K6S310DR маневрового тепловоза ЧМЭ3 ($N_{ном}$=990 кВт)	
Формула концентрации	Коэффициент регрессии
$C_{CO} = -0.6930 \cdot \overline{N}^3 + 1.4110 \cdot \overline{N}^2 + 0.1820 \cdot \overline{N} + 0.2$, г/м^3	(R^2=1)
$C_{NJ_X} = -2.3790 \cdot \overline{N}^3 - 1.9530 \cdot \overline{N}^2 + 5.4640 \cdot \overline{N} + 0$, г/м^3	(R^2=1)
$C_{C_{20}H_{12}} = 5.233 \cdot \overline{N}^2 - 0.6430 \cdot \overline{N} + 1.4450$, мкг/м^3	(R^2=0,997)
$C_{SO_2} = 0.0530 \cdot \overline{N}^3 - 0.1660 \cdot \overline{N}^2 + 0.2320 \cdot \overline{N} + 0.1$, г/м^3	(R^2=0,996)
$C_C = -13.2270 \cdot \overline{N}^4 + 23.6800 \cdot \overline{N}^3 - 11.9930 \cdot \overline{N}^2$,	(R^2 =1)

$C_{CO_2} = -56.1140 \cdot \overline{N}^2 + 237.6740 \cdot \overline{N} + 19.3060$, г/м³	(R^2=0,957)

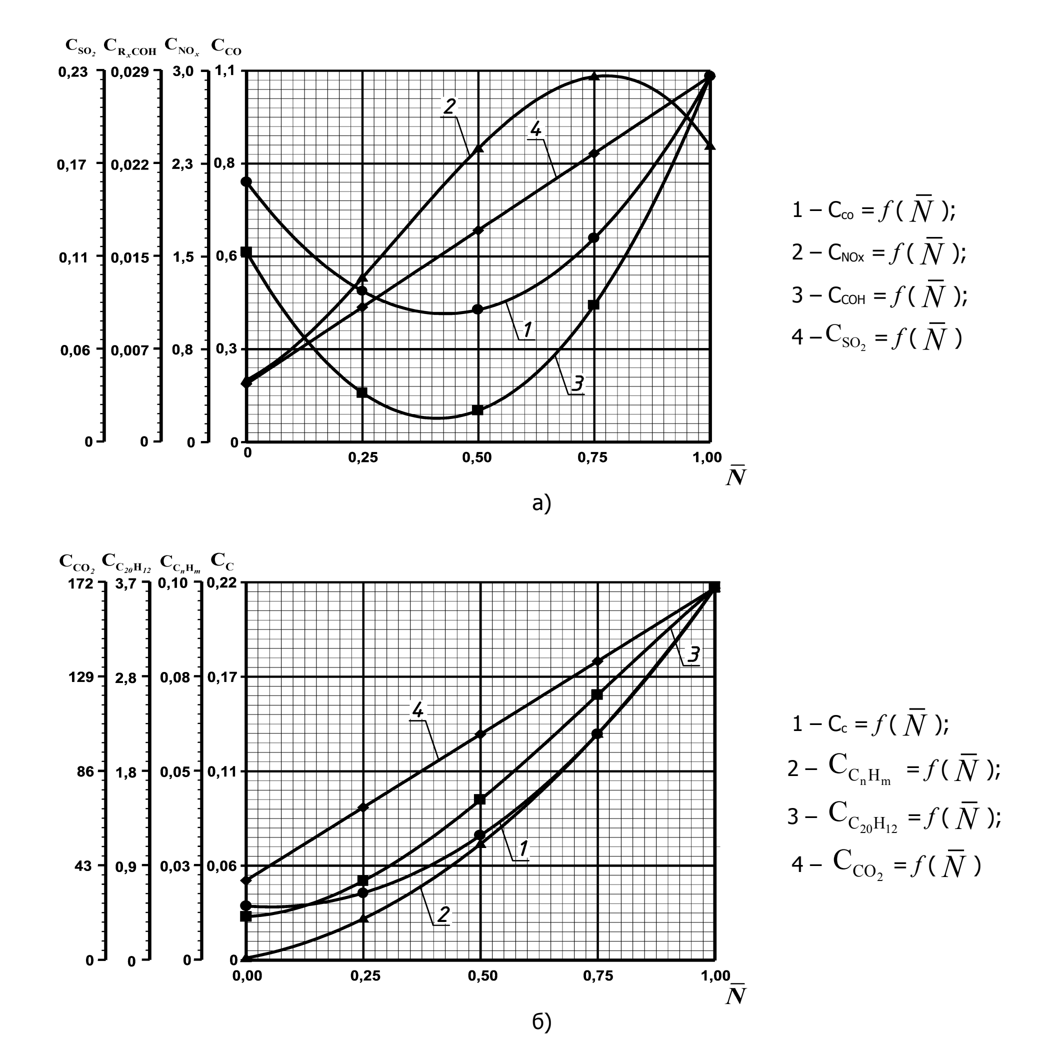
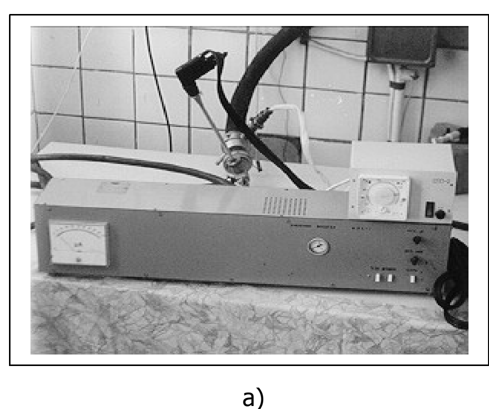


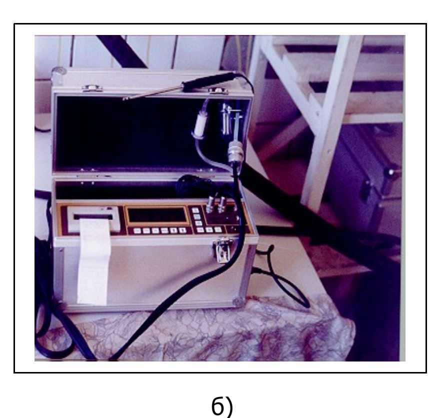
Рис.1. Динамика изменения концентрации вредных веществ в зависимости от режима работы машины

Экспериментальные исследования. Методика получения полиномиальных зависимостей и оценка их достоверности. При проведении испытаний руководствовались: разработанной "Программой и методикой испытаний дизельных машин"; технологической инструкцией по проведению обкаточных и реостатных испытаний; комплектом технической документации на испытательный стенд и реостатную станцию; техническими условиями (ТУ) замеров технико-экологических параметров на ПЭК; комплектом технической документации на ПЭК. Испытания включали в себя определение таких показателей, как мощности силовой установки машины; массового расхода топлива двигателем; температуры и расхода отрабо-

танных газов; температуры воды и масла в системе охлаждения дизеля; экологических параметров ДВС по ГОСТ Р 50953-96 (содержание вредных веществ и дымность ОГ). При проведении измерений концентраций ВВ в ОГ двигателей машин использовалась полустационарная мониторинговая многофункциональная система для проведения измерений в промышленности "Vario Plus"(рис.2,а,б).



а)



б)

Рис.2. Измерительная аппаратура при проведении испытаний
а – дымомер ИДС-3; б – газоанализатор "Vario Plus"

Компьютерный газоанализатор разработан на базе современных цифровых технологий, полностью русифицирован и адаптирован для осуществления технико-экологического контроля и точных настроек и регулировок дизельных двигателей. Прибор предназначен не только для экологического контроля, но и для безразборной диагностики и регулировки двигателей различных машин (автомобили, комбайны, тракторы, тепловозы и др.). С помощью этого газоанализатора возможно проведение измерений и выявления неисправностей сборочных единиц при производстве машин на заводах (на стадии обкатки и испытаний). Газоанализатор "Vario Plus" имеет сертификат Госстандарта России № 15876, допущен к применению в РФ, и отвечает требованиям, предъявляемым к экологическому контролю различных машин.

Измерительный комплекс использовался нами для измерения содержания ВВ в ОГ машин на стендах обкатки машиностроительного завода, а также при реостатных испытаниях. Измерительная система состоит из системы пробоотбора и пробоподготовки (СПП), измерителя дымности (ИДС-3), измерителя концентраций оксидов азота, оксида углерода, оксидов серы, углеводородов, углекислого газа, кислорода, коэффициента избытка воздуха, температуры и избыточного давления ОГ двигателей. Система пробоотбора состоит из газоотборного устройства и узла стыковки системы обеспечения сжатого воздуха с термошлангом и блоком автоматики.

Измерительный комплекс был размещён в помещении участка обкатки сельскохозяйственных мобильных машин. Погрешность при измерении концентраций оксидов углерода, оксидов азота и углеводородов составила ± 5%; кислорода ± 0,2% и дымности ОГ двигателей ± 2%. На рис.3

представлена блок-схема испытаний, реализованная при стендовой обкатке комбайна AKROS на ОАО КЗ "Ростсельмаш".

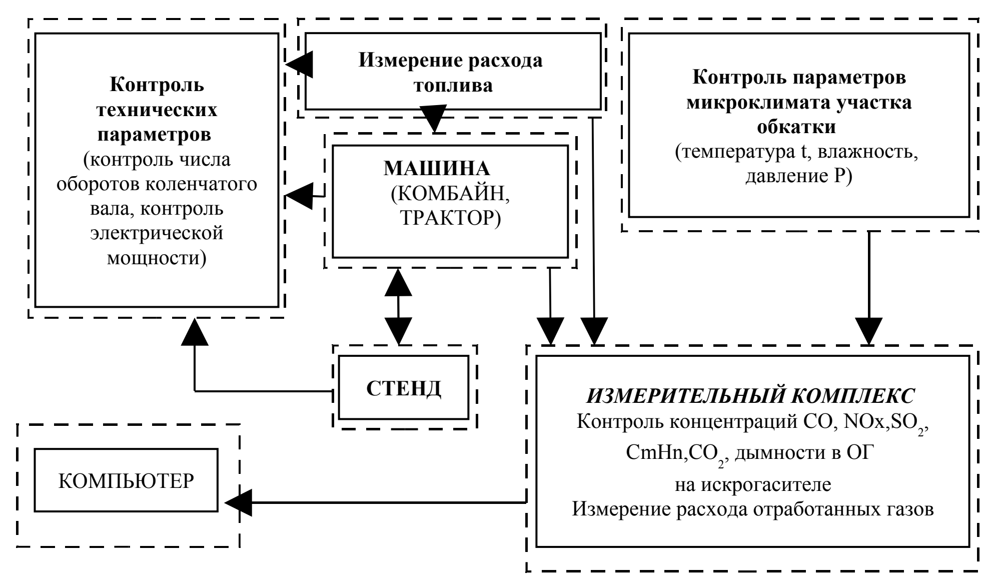


Рис.3. Блок-схема испытательного стенда
метода технико-экологической оценки состояния машины

Выводы:

1. Получены полиномиальные зависимости, которые могут быть использованы для теоретического расчёта наиболее вероятного содержания вредных веществ в ОГ на различных режимах работы дизельных сельскохозяйственных машин, в том числе при обкатке и испытаниях.

2. Предложены формулы, позволяющие оценить массовое выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны участков обкатки и испытаний машин.

3. Представленная модель выделения вредных веществ позволит в дальнейшем прогнозировать качество воздушной среды в производственных помещениях обкаточных участков, что позволит разработать требования к автоматизированной системе сигнализации о химических факторах опасности, а также оптимизировать с позиций энергоэффективности режимы работы систем вентиляции.

Библиографический список

1. Удельные показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для ремонтно-обслуживающих предприятий и машиностроительных заводов агропромышленного комплекса. – М., 1992.

2. Методика определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу основным технологическим оборудованием предприятий автомобильного и сельскохозяйственного машиностроения. – М., 1991.

3. Обкатка и испытания тракторных и комбайновых дизелей при капитальном ремонте. – М.: ГОСНИТИ, 1988.

4. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для авторемонтных предприятий (расчетным методом). – М., 1998.
5. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом). – М., 1998.
6. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). – М., 1998.
7. Орлов Н.И. Временные рекомендации по расчету выбросов от стационарных дизельных установок / Н.И.Орлов, В.И.Смайлис. – Л., 1988.
8. Методика расчёта выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. – СПб., МПР РФ, 2001.
9. Теория двигателей внутреннего сгорания / под. ред. Н.Х. Дьяченко. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отделение), 1974.
10. Бадалян Л.Х. Динамика выбросов токсичных компонентов с ОГ двигателями автотранспорта / Л.Х.Бадалян // Безопасность жизнедеятельности-2005. – № 2. – С.24-32.
11. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пос. для высшей школы / А.Р. Кульчинский. – М.: Академический проект, 2004. – 400.

Материал поступил в редакцию 24.02.09.

L.N. ALEKSEENKO

MODELING THE ALLOCATION OF HAZARDOUS SUBSTANCES INTO THE AIR OF WORKING AREA STATIONS RUN THE MACHINE-BUILDING PLANTS

We obtain polynomial dependence, which can be used for theoretical calculation of the most likely content of harmful substances in exhaust gases at various operating modes of the machines when they were run and tested and, subsequently, to predict the quality of air in industrial premises obkatochnyh sites that will help to develop the requirements for automated alarm systems on chemical hazards, as well as to optimize the positions of energy modes of ventilation.

АЛЕКСЕЕНКО Людмила Николаевна, старший преподаватель кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» ДГТУ. Окончила ДГТУ (2001).
Научные интересы: охрана труда, транспортная экология.
Имеет 20 научных работ.

puchinka78@mail.ru